

# LEG-TYPE MOVILE ROBOT DRIVEN BY BATTERY AND ITS CONTROL METHOD

Publication number: JP2001328091

Publication date: 2001-11-27

Inventor: UENO KENICHIRO; KOYAMA OSAMU

Applicant: SONY CORP

Classification:

- International: B25J19/06; B25J5/00; B25J13/08; B25J19/00;  
H01M2/10; H01M6/42; H01M10/34; H01M10/44;  
H02J9/00; B25J19/06; B25J5/00; B25J13/08;  
B25J19/00; H01M2/10; H01M6/42; H01M10/34;  
H01M10/42; H02J9/00; (IPC1-7): B25J19/06; B25J5/00;  
B25J13/08

- european: B25J19/00F

Application number: JP20000149338 20000522

Priority number(s): JP20000149338 20000522

Also published as:



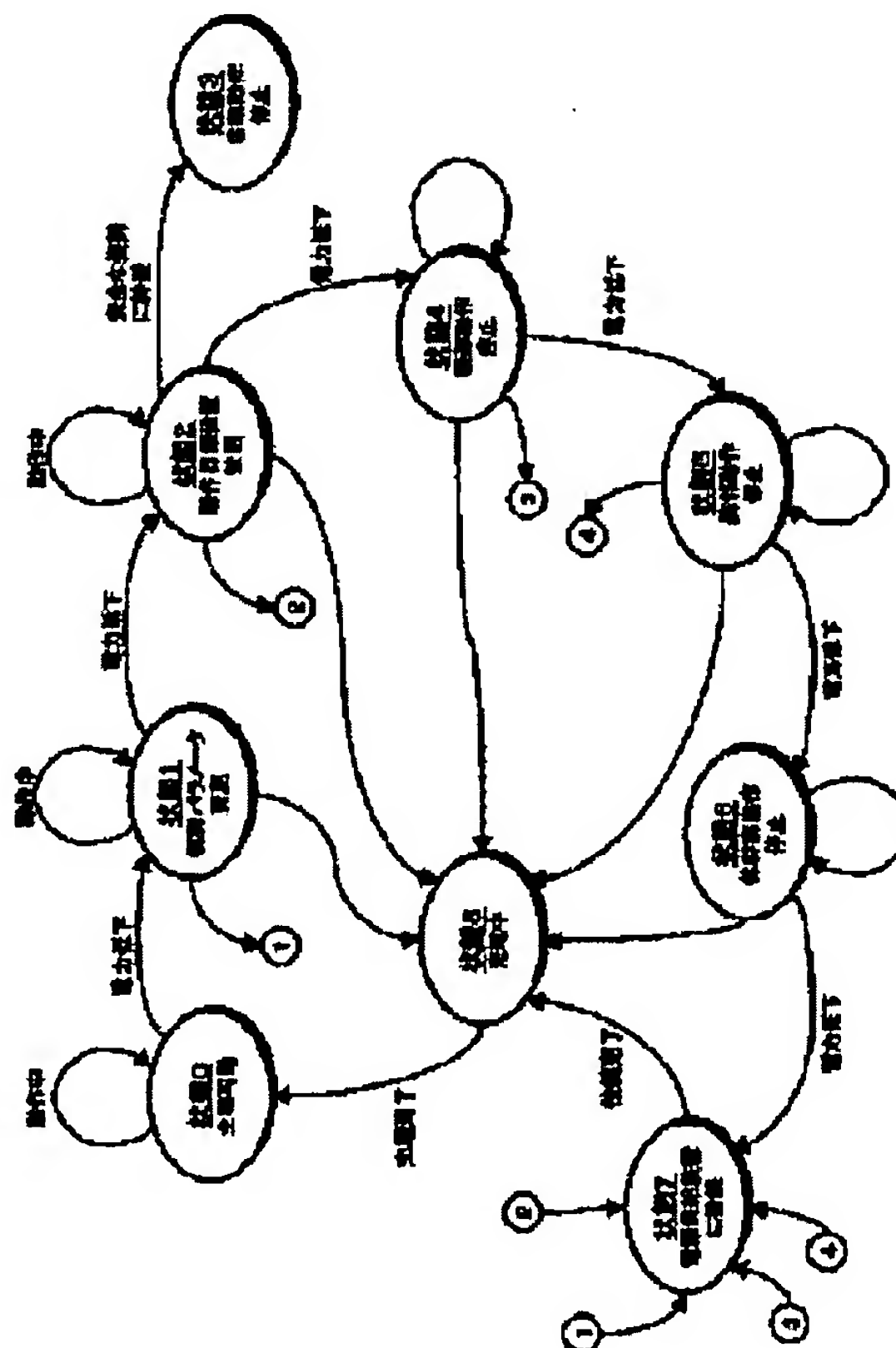
US6480761 (B2)

US2002007230 (A1)

Report a data error here

## Abstract of JP2001328091

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a mobile robot capable of freely moving in a working space by a chargeable battery without restricted by an external power supply cable. **SOLUTION:** Power consumption is reduced and the life of the battery is elongated by changing the control parameter of a driving actuator and successively stopping driving units having a little influence on the leg-type operation, in a case of low-battery in an arbitrary place on the working space. As a result, the execution of the operation of a robot can be elongated, and the energy necessary to be connected with a charging station and another external power supply device can be ensured.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>  
B 2 5 J 19/06  
5/00  
13/08

識別記号

F I  
B 2 5 J 19/06  
5/00  
13/08

テームコード\* (参考)  
3 F 0 5 9  
F  
Z

審査請求 未請求 請求項の数26 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2000-149338(P2000-149338)	(71) 出願人	000002185 ソニー株式会社 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番35号
(22) 出願日	平成12年 5 月22日 (2000. 5. 22)	(72) 発明者	上野 謙一郎 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番35号 ソニ ー株式会社内
		(72) 発明者	小山 修 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番35号 ソニ ー株式会社内
		(74) 代理人	100101801 弁理士 山田 英治 (外 2 名)

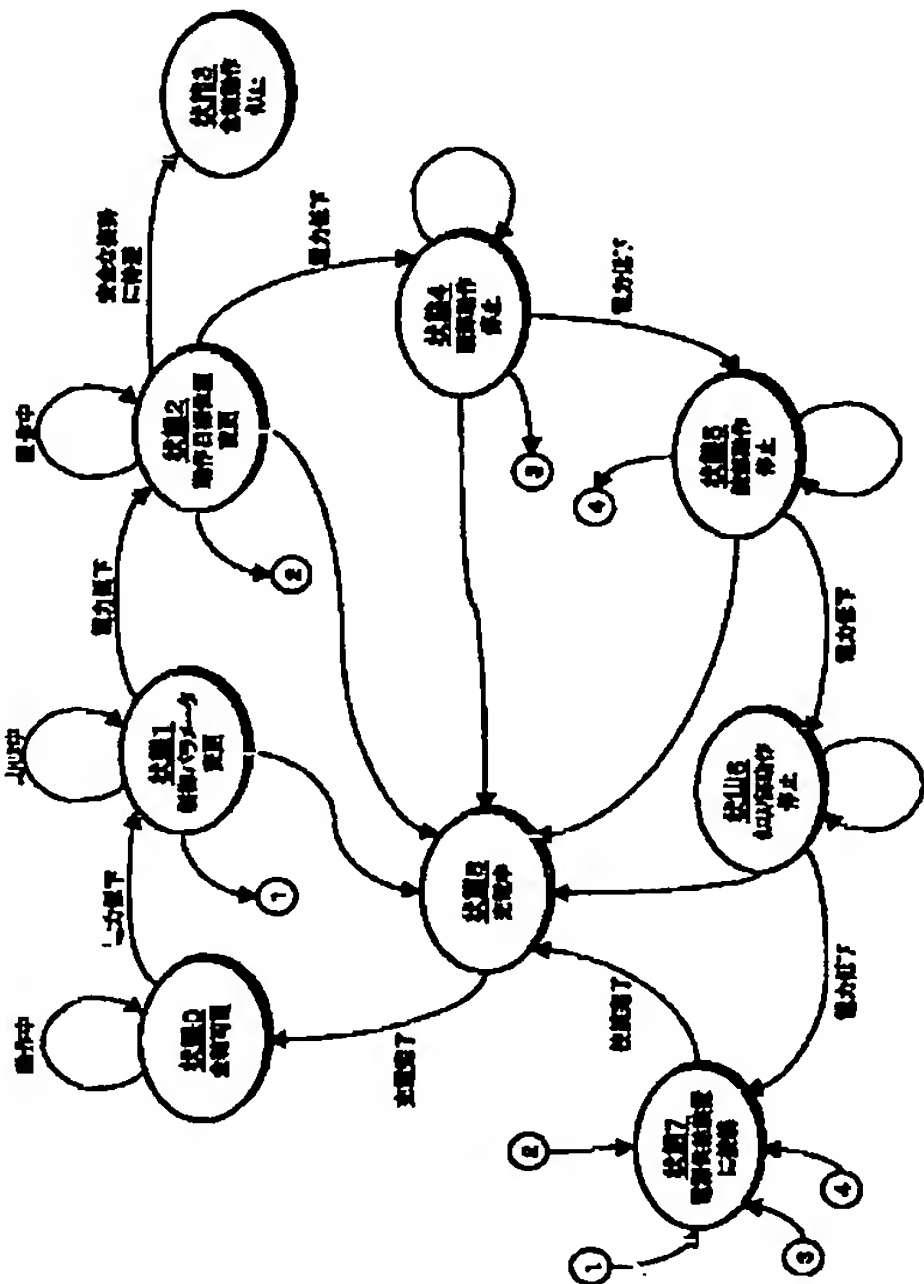
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 バッテリ駆動の脚式移動ロボット及びその制御方法

(57) 【要約】

【課題】 充電式バッテリーを用いて外部電源ケーブルによる拘束なしに作業空間を無経路で移動自在な移動ロボットを提供する。

【解決手段】 作業空間上の任意の場所でロー・バッテリー状態に陥った場合には、駆動アクチュエータの制御パラメータを変更したり、脚式作業への影響が少ない各駆動部ユニットを順次停止していくことで、消費電力を低減しバッテリー寿命を延長させる。この結果、ロボットの動作の実行をより長時間継続したり、充電ステーションやその他の外部電源供給装置との接続動作に必要なエネルギーを確保することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】少なくとも1以上の可動脚ユニットと、体幹部を含む1以上のその他の駆動部ユニットを含む、バッテリー駆動の脚式移動ロボットであって、各駆動部ユニットに対して駆動を指示する制御信号を発行する制御部と、前記バッテリーの状態を監視する電源管理部と、前記電源管理部によるバッテリー状態の監視結果にตอบสนองして、各駆動部ユニットへの駆動電力の供給・遮断を行う電源供給・遮断部と、を具備することを特徴とする脚式移動ロボット。

【請求項2】前記制御部は、前記駆動電力が遮断された駆動部ユニットに対する制御信号の出力を停止することを特徴とする請求項1に記載の脚式移動ロボット。

【請求項3】前記脚式移動ロボットは、さらに、姿勢センサ及び／又は画像入力装置、音声入出力装置を含み、前記電源管理部は、前記バッテリーの電力が所定値を下回ったことにตอบสนองして、該姿勢センサ及び／又は画像入力装置、音声入出力装置への駆動電力を遮断せしめることを特徴とする請求項1に記載の脚式移動ロボット。

【請求項4】前記脚式移動ロボットは頭部ユニットを含み、前記電源管理部は、前記バッテリーの電力が所定値を下回ったことにตอบสนองして、前記可動脚ユニットよりも先に前記頭部ユニットへの駆動電力を遮断せしめることを特徴とする請求項1に記載の脚式移動ロボット。

【請求項5】前記脚式移動ロボットは腕部ユニットを含み、前記電源管理部は、前記バッテリーの電力が所定値を下回ったことにตอบสนองして、前記可動脚ユニットよりも先に前記腕部ユニットへの駆動電力を遮断せしめることを特徴とする請求項1に記載の脚式移動ロボット。

【請求項6】前記脚式移動ロボットは体幹部ユニットを含み、前記電源管理部は、前記バッテリーの電力が所定値を下回ったことにตอบสนองして、前記可動脚ユニットよりも先に前記体幹部ユニットへの駆動電力を遮断せしめることを特徴とする請求項1に記載の脚式移動ロボット。

【請求項7】前記制御部は、前記電源管理部から前記バッテリーの電力が所定値を下回った旨の通知を受け取ったことにตอบสนองして、少なくとも一つの駆動部ユニットの制御パラメータの変更を指示することを特徴とする請求項1に記載の脚式移動ロボット。

【請求項8】前記制御部は、前記電源管理部から前記バッテリーの電力が所定値を下回った旨の通知を受け取ったことにตอบสนองして、少なくとも一部の駆動部ユニットに対する制御則を変更することを特徴とする請求項1に記載の脚式移動ロボット。

【請求項9】前記制御則の変更は、駆動部ユニットにおける動作目標位置の変更を含むことを特徴とする請求項

8に記載の脚式移動ロボット。

【請求項10】前記制御則の変更は、少なくとも一部の駆動部ユニットの停止を含むことを特徴とする請求項8に記載の脚式移動ロボット。

【請求項11】前記制御則の変更は、外部電源供給装置への接続動作を含むことを特徴とする請求項8に記載の脚式移動ロボット。

【請求項12】前記制御則の変更は、重心位置が十分に低い安定姿勢への移行及び該安定姿勢下でのほとんどすべての駆動部ユニットへの駆動電力の停止を含むことを特徴とする請求項8に記載の脚式移動ロボット。

【請求項13】前記脚式移動ロボットは、頭部ユニット、腕部ユニット、及び体幹部ユニットを含み、前記電源管理部は、前記バッテリーの電力が所定値を下回ったことにตอบสนองして、頭部ユニット、腕部ユニット、体幹部ユニットの順で駆動電力を段階的に遮断せしめることを特徴とする請求項1に記載の脚式移動ロボット。

【請求項14】少なくとも1以上の可動脚ユニットと、体幹部を含む1以上のその他の駆動部ユニットを含む、バッテリー駆動の脚式移動ロボットの制御方法であって、前記バッテリーの状態を監視する監視ステップと、前記監視ステップにおけるバッテリー状態の監視結果にตอบสนองして、各駆動部ユニットへの駆動電力の供給・遮断を行う電源切り換えステップと、を具備することを特徴とする脚式移動ロボットの制御方法。

【請求項15】さらに、前記駆動電力が遮断された駆動部ユニットに対する制御信号の出力を停止するステップを含むことを特徴とする請求項14に記載の脚式移動ロボットの制御方法。

【請求項16】前記脚式移動ロボットは、さらに、姿勢センサ及び／又は画像入力装置、音声入出力装置を含み、前記電源切り換えステップでは、前記監視ステップにおいて前記バッテリーの電力が所定値を下回ったことが検出されたことにตอบสนองして、該姿勢センサ及び／又は画像入力装置、音声入出力装置への駆動電力を遮断せしめることを特徴とする請求項14に記載の脚式移動ロボットの制御方法。

【請求項17】前記脚式移動ロボットは頭部ユニットを含み、前記電源切り換えステップでは、前記監視ステップにおいて前記バッテリーの電力が所定値を下回ったことが検出されたことにตอบสนองして、前記可動脚ユニットよりも先に前記頭部ユニットへの駆動電力を遮断せしめることを特徴とする請求項14に記載の脚式移動ロボットの制御方法。

【請求項18】前記脚式移動ロボットは腕部ユニットを含み、前記電源切り換えステップでは、前記監視ステップにおいて前記バッテリーの電力が所定値を下回ったことが検出

されたことに応答して、前記可動脚ユニットよりも先に前記腕部ユニットへの駆動電力を遮断せしめることを特徴とする請求項14に記載の脚式移動ロボットの制御方法。

【請求項19】前記脚式移動ロボットは体幹部ユニットを含み、

前記電源切り換えステップでは、前記監視ステップにおいて前記バッテリーの電力が所定値を下回ったことが検出されたことに応答して、前記可動脚ユニットよりも先に前記体幹部ユニットへの駆動電力を遮断せしめることを特徴とする請求項14に記載の脚式移動ロボットの制御方法。

【請求項20】さらに、前記監視ステップにおいて前記バッテリーの電力が所定値を下回ったことが検出されたことに応答して、少なくとも一つの駆動部ユニットの制御パラメータの変更を指示するステップを含むことを特徴とする請求項14に記載の脚式移動ロボットの制御方法。

【請求項21】さらに、前記監視ステップにおいて前記バッテリーの電力が所定値を下回ったことが検出されたことに応答して、少なくとも一部の駆動部ユニットに対する制御則を変更するステップを含むことを特徴とする請求項14に記載の脚式移動ロボットの制御方法。

【請求項22】前記制御則の変更は、駆動部ユニットにおける動作目標位置の変更を含むことを特徴とする請求項21に記載の脚式移動ロボットの制御方法。

【請求項23】前記制御則の変更は、少なくとも一部の駆動部ユニットの停止を含むことを特徴とする請求項21に記載の脚式移動ロボットの制御方法。

【請求項24】前記制御則の変更は、外部電源供給装置への接続動作を含むことを特徴とする請求項21に記載の脚式移動ロボットの制御方法。

【請求項25】前記制御則の変更は、重心位置が十分に低い安定姿勢への移行及び該安定姿勢下でのほとんどすべての駆動部ユニットへの駆動電力の停止を含むことを特徴とする請求項21に記載の脚式移動ロボットの制御方法。

【請求項26】前記脚式移動ロボットは、頭部ユニット、腕部ユニット、及び体幹部ユニットを含み、前記電源切り換えステップでは、前記バッテリーの電力が所定値を下回ったことに応答して、頭部ユニット、腕部ユニット、体幹部ユニットの順で駆動電力を段階的に遮断せしめることを特徴とする請求項14に記載の脚式移動ロボットの制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、作業空間を自在（無経路）に移動することができるインテリジェントな移動ロボットに係り、特に、充電式バッテリーを用いて外部電源ケーブルによる拘束なしに作業空間を無経路で移

動自在な移動ロボットに関する。

【0002】更に詳しくは、本発明は、作業空間を自在（無経路）に移動する移動ロボットのための電源管理に係り、特に、作業空間上の任意の場所でロー・バッテリー状態に陥った場合などであっても、無計画に行動したり電源供給遮断により転倒することのない移動ロボットのための電源管理に関する。

【0003】

【従来の技術】電氣的若しくは磁氣的な作用を用いて人間の動作に似せた運動を行う機械装置のことを「ロボット」という。ロボットの語源は、スラブ語のROBOTA(奴隷機械)に由来すると言われている。わが国では、ロボットが普及し始めたのは1960年代末からであるが、その多くは、工場における生産作業の自動化・無人化などを目的としたマニピュレータや搬送ロボットなどの産業用ロボット(industrial robot)であった。

【0004】アーム式ロボットのように、ある特定の場所に植設して用いるような据置きタイプのロボットは、部品の組立・選別作業など固定的・局所的な作業空間でのみ活動する。これに対し、移動式のロボットは、作業空間は非限定的であり、所定の経路上または無経路上を自在に移動して、所定の若しくは任意の人的作業を代行したり、ヒトやイヌあるいはその他の生命体に置き換わる種々の幅広いサービスを提供することができる。なかでも脚式の移動ロボットは、クローラ式やタイヤ式のロボットに比し不安定で姿勢制御や歩行制御が難しくなるが、階段や梯子の昇降や障害物の乗り越えや、整地・不整地の区別を問わない柔軟な歩行・走行動作を実現できるという点で優れている。

【0005】最近では、イヌやネコのように4足歩行の動物の身体メカニズムやその動作を模したペット型ロボット、あるいは、ヒトのような2足直立歩行を行う動物の身体メカニズムや動作をモデルにしてデザインされた「人間形」若しくは「人間型」のロボット(humanoid robot)など、脚式移動ロボットに関する研究開発が進展し、実用化への期待も高まってきている。

【0006】人間の作業空間や居住空間のほとんどは、2足による直立歩行という人間が持つ身体メカニズムや行動様式に合わせて形成されている。言い換えれば、人間の住空間は、車輪その他の駆動装置を移動手段とした現状の機械システムが移動するのにはあまりに多くの障壁が存在する。機械システムすなわちロボットが様々な人的作業を支援又は代行し、さらに人間の住空間に深く浸透していくためには、ロボットの移動可能範囲が人間のそれとほぼ同じであることが好ましい。これが、脚式移動ロボットの実用化が大いに期待されている所以でもある。人間型の形態を有していることは、ロボットが人間の住環境との親和性を高める上で必須であると言える。

【0007】人間型ロボットを、産業活動・生産活動等



における各種作業の代行に適用することができる。例えば、原子力発電プラントや火力発電プラント、石油化学プラントにおけるメンテナンス作業、製造工場における部品の搬送・組立作業、高層ビルにおける清掃、火災現場その他における救助といったような、人間が容易に踏み込むことができない現場での危険作業・難作業の代行である。

【0008】また、人間型ロボットの他の用途として、人間と居住空間を同一にする「共生」若しくは「エンターテインメント」と呼ばれるものが挙げられる。この種の用途では、ロボットは、作業代行などの生活支援というよりも、生活密着という性格が濃厚である。

【0009】ところで、上述した各種のロボットはいずれも、電気電動式の機械装置であり、装置への給電作業は当然欠かすことができない。

【0010】アーム型ロボットのように特定の場所に固定的に設置するタイプのロボットや、行動半径や動作パターンが限定された移動ロボットの場合、商用AC電源から電源ケーブルを介して常時給電することができる。

【0011】これに対し、自律的且つ自在に動き回るタイプの移動ロボットの場合、電源ケーブルによって行動半径が制限されてしまうため、商用AC電源による給電は不可能である。この当然の帰結として、移動ロボットには充電式バッテリーによる自律駆動が導入される。バッテリー駆動によれば移動ロボットは、電源コンセントの場所や電源ケーブル長などの物理的な制約を意識せず、人間の住空間や各種の作業空間を自走することができる。

【0012】例えば、人間型ロボットのように多自由度すなわち多数の関節アクチュエータを含む機械装置の場合、電力消費が大きく、且つ、アクチュエータ始動時のインラッシュ電流を供給するためには、大容量・高出力の充電電池を必要とする（特に、脚部には強力なアクチュエータを必要とし、多大の電力を消耗する）。この結果、充電電池の重量は増大し、ロボット本体の総重量の10～20%程度を占めることになり、また、重量増大によりさらに消費電力が増えてしまう。しかしながら、電源ケーブルと四肢との干渉や電源ケーブル長による行動半径などの制約を排し、ロボットの行動自由度を確保するためには、バッテリー駆動式であることが好ましいという結論に到達する。

【0013】バッテリー駆動式の機械装置を使用する場合、バッテリーの充電作業を伴うことが難点となる。特に、移動ロボットの場合、自動機器・無人機械として使用するものであるにも拘らず、充電作業は完全自動化の障壁になる。また、充電のためのバッテリー交換や電源コネクタ接続は、ユーザにとって手間でもある。

【0014】例えば、人間型ロボットの場合、人間の住空間の各場面において、生活支援や作業代行を行う最中に、充電電池の容量が低下するたびに、ロボットを停止させて人手で充電作業を行っていたのでは、人間のパート

ナーとしては役割が不十分であり、むしろ人間がロボットのパートナーであると言う方が相当であろう。

【0015】移動ロボットにおける充電作業の自動化のために、いわゆる「充電ステーション」が採用されている。充電ステーションとは、その字義通り、移動ロボットのバッテリー充電を行うための専用スペースのことである。

【0016】例えば、本出願人に既に譲渡されている特願平11-308224号明細書には、バッテリー駆動により作業空間を無経路で自在に移動する移動ロボットに対して充電ステーションによって充電を行う点について開示されている。すなわち、充電ステーションの所定部位に視認性識別データを配置するとともに、脚式移動ロボット側には、撮像手段と、撮像画像を基に移動ロボットから充電ステーションまでの距離・方向を算出する演算手段と、演算手段による算出結果を基に移動ロボットを充電ステーションに向かって探索せしめる探索手段とを搭載している。そして、脚式移動ロボットは、視認性識別データをカメラで追跡することで充電ステーションを探索することができるので、充電作業を自動化することができるという訳である。

【0017】また、本出願人に既に譲渡されている特願平11-366651号明細書には、移動ロボットに対して充電ステーションによって充電を行う点について開示されている。すなわち、脚式移動ロボットは、自律的に充電時期を判断して充電ステーションに立ち寄って充電するので、ユーザなどの外的補助を必要しない。ユーザは煩雑な充電作業から解放され、充電時期を意識する必要もない。脚式移動ロボットによる対戦ゲームなどでは、ゲームの継続性やリアリティを損なわず、観衆はロボット同士によるゲーム（たとえば、サッカーなど）を堪能することができる。

【0018】しかしながら、無経路的な作業空間を自律的に移動するインテリジェントなロボットの場合、バッテリーの充電を開始すべき時期に充電ステーションの近隣に居合わせているとは限らない。

【0019】また、残存容量が低下したロー・バッテリー状態に陥ったにも拘わらず、フル可動を継続していると、バッテリーの消耗はさらに激しくなり、充電ステーションに到達する前に電源が落ちてしまう可能性がある。

【0020】また、電源の供給が途絶える際に無計画的な動作パターンを実行していると、ロボットが不自然な格好のまま床面などに転倒してしまうことになる。このような場合、ロボット自体、あるいは転倒により衝突する対象物が致命的な破損してしまう危険があり、修繕のために経済的な負担が大きくなる可能性がある。特に、2足歩行の人間形ロボットの場合、上背があり重心位置も高いので、突発的な電源遮断により転倒すると、落下によるダメージは極めて大きい。

【0021】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、作業空間を自在（無経路）に移動することができるインテリジェントな移動ロボットを提供することにある。

【0022】本発明の更なる目的は、充電式バッテリーを用いて外部電源ケーブルによる拘束なしに作業空間を無経路で移動自在な、優れた移動ロボットを提供することにある。

【0023】本発明の更なる目的は、作業空間を自在（無経路）に移動する移動ロボットのための優れた電源管理技術を提供することにある。

【0024】本発明の更なる目的は、作業空間上の任意の場所でロー・バッテリー状態に陥った場合などであっても、無計画に行動したり電源供給遮断により転倒することのない、移動ロボットのための優れた電源管理技術を提供することにある。

【0025】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記課題を参酌してなされたものであり、その第1の側面は、少なくとも1以上の可動脚ユニットと、体幹部を含む1以上のその他の駆動部ユニットを含む、バッテリー駆動の脚式移動ロボットであって、各駆動部ユニットに対して駆動を指示する制御信号を発行する制御部と、前記バッテリーの状態を監視する電源管理部と、前記電源管理部によるバッテリー状態の監視結果にตอบสนองして、各駆動部ユニットへの駆動電力の供給・遮断を行う電源供給・遮断部と、を具備することを特徴とする脚式移動ロボットである。

【0026】本発明の第1の側面に係る脚式移動ロボットにおいて、前記制御部は、前記駆動電力が遮断された駆動部ユニットに対する制御信号の出力を停止するようにしてもよい。

【0027】また、前記脚式移動ロボットは、さらに、姿勢センサ及び／又は画像入力装置、音声入出力装置を含んでもよい。このような場合、前記電源管理部は、前記バッテリーの電力が所定値を下回ったことにตอบสนองして、該姿勢センサ及び／又は画像入力装置、音声入出力装置への駆動電力を遮断せしめて、省電力化を図ることができる。

【0028】また、前記脚式移動ロボットは頭部ユニットを含んでもよい。このような場合、前記電源管理部は、前記バッテリーの電力が所定値を下回ったことにตอบสนองして、前記可動脚ユニットよりも先に前記頭部ユニットへの駆動電力を遮断せしめることで、消費電力を低減させつつ可動脚による脚式作業を可能な限り継続させるようにしてもよい。

【0029】また、前記脚式移動ロボットは腕部ユニットを含んでもよい。このような場合、前記電源管理部は、前記バッテリーの電力が所定値を下回ったことにตอบสนองして、前記可動脚ユニットよりも先に前記腕部ユニットへの駆動電力を遮断せしめることで、消費電力を低減させつつ可動脚による脚式作業を可能な限り継続させるよ

うにしてもよい。

【0030】また、前記脚式移動ロボットは体幹部ユニットを含んでもよい。このような場合、前記電源管理部は、前記バッテリーの電力が所定値を下回ったことにตอบสนองして、前記可動脚ユニットよりも先に前記体幹部ユニットへの駆動電力を遮断せしめることで、消費電力を低減させつつ可動脚による脚式作業を可能な限り継続させるようにしてもよい。

【0031】また、前記制御部は、前記電源管理部から前記バッテリーの電力が所定値を下回った旨の通知を受け取ったことにตอบสนองして、少なくとも一つの駆動部ユニットの制御パラメータを、消費電力が低下するような値に変更するようにしてもよい。

【0032】また、前記制御部は、前記電源管理部から前記バッテリーの電力が所定値を下回った旨の通知を受け取ったことにตอบสนองして、少なくとも一部の駆動部ユニットに対する制御則を変更するようにしてもよい。

【0033】ここで言う制御側には、以下の事柄が含まれる。すなわち、

- (1) 駆動部ユニットにおける動作目標位置の変更
- (2) 少なくとも一部の駆動部ユニットの停止
- (3) 外部電源供給装置への接続動作
- (4) 重心位置が十分に低い安定姿勢への移行、及び、該安定姿勢下でのほとんどすべての駆動部ユニットへの駆動電力の停止

【0034】また、前記脚式移動ロボットは、頭部ユニット、腕部ユニット、及び体幹部ユニットの各々を含んでいる場合には、前記電源管理部は、前記バッテリーの電力が所定値を下回ったことにตอบสนองして、頭部ユニット、腕部ユニット、体幹部ユニットの順で駆動電力を段階的に遮断せしめることで、消費電力を低減させつつ可動脚による脚式作業を可能な限り継続させることができる。

【0035】また、本発明の第2の側面は、少なくとも1以上の可動脚ユニットと、体幹部を含む1以上のその他の駆動部ユニットを含む、バッテリー駆動の脚式移動ロボットの制御方法であって、前記バッテリーの状態を監視する監視ステップと、前記監視ステップにおけるバッテリー状態の監視結果にตอบสนองして、各駆動部ユニットへの駆動電力の供給・遮断を行う電源切り換えステップと、を具備することを特徴とする脚式移動ロボットの制御方法である。

【0036】本発明の第2の側面に係る脚式移動ロボットの制御方法は、さらに、前記駆動電力が遮断された駆動部ユニットに対する制御信号の出力を停止するステップを含んでいてもよい。

【0037】また、前記脚式移動ロボットは、さらに、姿勢センサ及び／又は画像入力装置、音声入出力装置を含んでいてもよい。このような場合、前記電源切り換えステップでは、前記監視ステップにおいて前記バッテリーの電力が所定値を下回ったことが検出されたことにตอบสนอง



して、該姿勢センサ及び／又は画像入力装置、音声入出力装置への駆動電力を遮断せしめて、省電力化を図ることができる。

【0038】また、前記脚式移動ロボットは頭部ユニットを含んでいてもよい。このような場合、前記電源切り換えステップでは、前記監視ステップにおいて前記バッテリーの電力が所定値を下回ったことが検出されたことに応答して、前記可動脚ユニットよりも先に前記頭部ユニットへの駆動電力を遮断せしめることで、消費電力を低減させつつ、可動脚による脚式作業を可能な限り継続させるようにしてもよい。

【0039】また、前記脚式移動ロボットは腕部ユニットを含んでいてもよい。このような場合、前記電源切り換えステップでは、前記監視ステップにおいて前記バッテリーの電力が所定値を下回ったことが検出されたことに応答して、前記可動脚ユニットよりも先に前記腕部ユニットへの駆動電力を遮断せしめることで、消費電力を低減させつつ、可動脚による脚式作業を可能な限り継続させるようにしてもよい。

【0040】また、前記脚式移動ロボットは体幹部ユニットを含んでいてもよい。このような場合、前記電源切り換えステップでは、前記監視ステップにおいて前記バッテリーの電力が所定値を下回ったことが検出されたことに応答して、前記可動脚ユニットよりも先に前記体幹部ユニットへの駆動電力を遮断せしめることで、消費電力を低減させつつ、可動脚による脚式作業を可能な限り継続させるようにしてもよい。

【0041】また、本発明に第2の側面に係る脚式移動ロボットの制御方法は、さらに、前記監視ステップにおいて前記バッテリーの電力が所定値を下回ったことが検出されたことに応答して、少なくとも一つの駆動部ユニットの制御パラメータを消費電力が低下するような値に変更を指示するステップを含んでいてもよい。

【0042】また、前記監視ステップにおいて前記バッテリーの電力が所定値を下回ったことが検出されたことに応答して、少なくとも一部の駆動部ユニットに対する制御則を変更するステップをさらに含んでいてもよい。

【0043】ここで言う制御側には、以下の事柄が含まれる。すなわち、

- (1) 駆動部ユニットにおける動作目標位置の変更
- (2) 少なくとも一部の駆動部ユニットの停止
- (3) 外部電源供給装置への接続動作
- (4) 重心位置が十分に低い安定姿勢への移行、及び、該安定姿勢下でのほとんどすべての駆動部ユニットへの駆動電力の停止

【0044】また、前記脚式移動ロボットは、頭部ユニット、腕部ユニット、及び体幹部ユニットの各々を含んでいる場合には、前記電源切り換えステップでは、前記バッテリーの電力が所定値を下回ったことに応答して、頭部ユニット、腕部ユニット、体幹部ユニットの順で駆動

電力を段階的に遮断せしめることで、消費電力を低減させつつ可動脚による脚式作業を可能な限り継続させることができる。

【0045】

【作用】本発明によれば、作業空間上の任意の場所でロー・バッテリー状態に陥った場合には、駆動アクチュエータの制御パラメータを変更したり、脚式作業への影響が少ない各駆動部ユニットを順次停止していくことで、消費電力を低減しバッテリー寿命を延長させることができる。

【0046】この結果、ロボットの動作の実行をより長時間継続したり、充電ステーションやその他の外部電源供給装置との接続動作に必要なエネルギーを確保することができる。

【0047】また、本発明によれば、作業空間上の任意の場所でロー・バッテリー状態に陥った場合には、ロボットが腰を下ろした姿勢、うつ伏せに寝た姿勢、あるいは、あお向けに寝た姿勢などのように、姿勢の維持のために脚部やその他の駆動部ユニットの駆動（すなわち電力消費）をほとんど必要とせず、且つ、重心位置が十分に低い姿勢に移行することによって、転倒によりロボットや衝突物に大きな衝撃が加わることを回避することができる。

【0048】本発明のさらに他の目的、特徴や利点は、後述する本発明の実施例や添付する図面に基づくより詳細な説明によって明らかになるであろう。

【0049】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら本発明の実施例を詳解する。

【0050】図1及び図2には、本発明の実施に供される「人間形」又は「人間型」の脚式移動ロボット100が直立している様子を前方及び後方の各々から眺望した様子を示している。図示の通り、脚式移動ロボット100は、脚式移動を行う左右2足の下肢と、体幹部と、左右の上肢と、頭部とで構成される。

【0051】左右各々の下肢は、大腿部と、膝関節と、脛部と、足首と、足平とで構成され、股関節によって体幹部の略最下端にて連結されている。また、左右各々の上肢は、上腕と、肘関節と、前腕とで構成され、肩関節によって体幹部上方の左右各側縁にて連結されている。また、頭部は、首関節によって体幹部の略最上端中央に連結されている。

【0052】体幹部ユニット内には、図1及び図2上では見えていない制御部が配備されている。この制御部は、脚式移動ロボット100を構成する各関節アクチュエータの駆動制御や各センサ（後述）などからの外部入力を処理するコントローラ（主制御部）や、電源回路その他の周辺機器類を搭載した筐体である。制御部は、その他、遠隔操作の通信インターフェースや通信装置を含んでいてもよい。

【0053】図3には、本実施例に係る脚式移動ロボット100が具備する関節自由度構成を模式的に示している。図示の通り、脚式移動ロボット100は、2本の腕部と頭部1を含む上体と、移動動作を実現する2本の脚部からなる下肢と、上肢と下肢とを連結する体幹部とで構成される。

【0054】頭部1を支持する首関節は、首関節ヨー軸2と、首関節ピッチ軸3と、首関節ロール軸4という3自由度を有している。

【0055】また、各腕部は、肩関節ピッチ軸8と、肩関節ロール軸9と、上腕ヨー軸10と、肘関節ピッチ軸11と、前腕ヨー軸12と、手首関節ピッチ軸13と、手首関節ロール軸14と、手部15とで構成される。手部15は、実際には、複数本の指を含む多関節・多自由度構造体である。但し、手部15の動作自体は、ロボット100の姿勢安定制御や歩行動作制御に対する寄与や影響が少ないので、本明細書ではゼロ自由度と仮定する。したがって、左右の各腕部は7自由度を有するとする。

【0056】また、体幹部は、体幹ピッチ軸5と、体幹ロール軸6と、体幹ヨー軸7という3自由度を有する。

【0057】また、下肢を構成する左右各々の脚部は、股関節ヨー軸16と、股関節ピッチ軸17と、股関節ロール軸18と、膝関節ピッチ軸19と、足首関節ピッチ軸20と、関節ロール軸21と、足部（足底又は足平）22とで構成される。人体の足部（足底）22は、実際には多関節・多自由度の足底を含んだ構造体であるが、本実施例に係る脚式移動ロボット100の足底はゼロ自由度とする。したがって、左右の各脚部は6自由度で構成される。

【0058】以上を総括すれば、本実施例に係る脚式移動ロボット100全体としては、合計で $3+7\times 2+3+6\times 2=32$ 自由度を有することになる。但し、脚式移動ロボット100が必ずしも32自由度に限定される訳ではない。設計・製作上の制約条件や要求仕様等に応じて、自由度すなわち関節数を適宜増減することができることは言うまでもない。

【0059】脚式移動ロボット100が持つ上述の各関節自由度は、実際にはアクチュエータによる能動的な動作として実現される。装置の外観上で余分な膨らみを排してヒトの自然体形状に近似させることや、2足歩行という不安定構造体に対して姿勢制御を行うことなどの種々の要請から、関節アクチュエータは小型且つ軽量であることが好ましい。本実施例では、ギア直結型で且つサーボ制御系をワンチップ化してモータ・ユニットに内蔵したタイプの小型ACサーボ・アクチュエータを搭載することとした。なお、脚式ロボットに適用可能な小型ACサーボ・アクチュエータに関しては、例えば本出願人に既に譲渡されている特願平11-33386号明細書に開示されている。

【0060】図4には、本実施例に係る脚式移動ロボット100の制御システム構成を模式的に示している。同図に示すように、該システムは、ユーザ入力などに動的に反応して情緒判断や感情表現を司る思考制御モジュール200と、関節アクチュエータの駆動などロボットの全身協調運動を制御する運動制御モジュール300とで構成される。

【0061】思考制御モジュール200は、情緒判断や感情表現に関する演算処理を実行するCPU (Central Processing Unit) 211や、RAM (Random Access Memory) 212、ROM (Read Only Memory) 213、及び、外部記憶装置（ハード ディスク ドライブなど）214で構成される、自己完結処理を行うことができる独立した情報処理装置である。

【0062】思考制御モジュール200には、CCD (Charge Coupled Device) カメラなどの画像入力装置251や、マイクなどの音声入力装置252、スピーカなどの音声出力装置253、LAN (Local Area Network: 図示しない) などを経由してロボット100外のシステムとデータ交換を行う通信インターフェース254など各種の装置が、バス インターフェース201経由で接続されている。

【0063】思考制御モジュール200では、画像入力装置251から入力される視覚データや音声入力装置252から入力される聴覚データなど、外界からの刺激などに従って、脚式移動ロボット100の現在の感情や意思を決定する。さらに、意思決定に基づいた振舞い又は行動、すなわち四肢の運動を実行するように、運動制御モジュール300に対して指令を発行する。

【0064】一方の運動制御モジュール300は、ロボット100の全身協調運動を制御するCPU (Central Processing Unit) 311や、RAM (Random Access Memory) 312、ROM (Read Only Memory) 313、及び、外部記憶装置（ハード ディスク ドライブなど）314で構成される、自己完結処理を行うことができる独立した情報処理装置である。外部記憶装置314には、例えば、四肢を用いた各種の動作パターン又は歩容を蓄積することができる（「歩容」とは、当業界において「関節角度の時系列変化」を意味する技術用語である）。

【0065】運動制御モジュール300には、ロボット100の全身に分散するそれぞれの関節自由度を実現する関節アクチュエータ（図3を参照のこと）、体幹部の姿勢や傾斜を計測する姿勢センサ351、左右の足底の離床又は着床を検出する接地確認センサ352及び353、バッテリーなどの電源を管理する電源制御装置354などの各種の装置が、バス インターフェース301経由で接続されている。

【0066】運動制御モジュール300では、思考制御モジュール200から指示された行動を体現すべく、各



関節アクチュエータによる全身協調運動を制御する。すなわち、CPU311は、思考制御モジュール200から指示された行動に応じた動作パターンを外部記憶装置314から取り出し、又は、内部的に動作パターンを生成する。そして、CPU311は、指定された動作パターンに従って、足部運動、ZMP (Zero Moment Point) 軌道、体幹運動、上肢運動、腰部水平位置及び高さなどを設定するとともに、これらの設定内容に従った動作を指示する指令値を各関節アクチュエータに転送する（「ZMP」とは、歩行中の床反力によるモーメントがゼロとなる床面上の点のことであり、また、「ZMP軌道」とは、例えばロボット100の歩行動作期間中などにZMPが動く軌跡を意味する）。

【0067】また、CPU311は、姿勢センサ351の出力信号によりロボット100の体幹部分の姿勢や傾きを検出するとともに、各接地確認センサ352及び353の出力信号により各可動脚が遊脚又は立脚のいずれの状態であるかを検出することによって、脚式移動ロボット100の全身協調運動を適応的に制御することができる。

【0068】さらに、運動制御モジュール300は、思考制御モジュール200において決定された意思通りの行動がどの程度体现されたか、すなわち処理の状況を、思考制御モジュール200に返すようになっている。

【0069】思考制御モジュール200と運動制御モジュール300は、共通のプラットフォーム上で構築され、両者間はバス インターフェース201及び301を介して相互接続されている。

【0070】図5には、本実施例に係る脚式移動ロボット100の電力供給システムの構成を模式的に示している。

【0071】図示の通り、本実施例に係るロボット100は、ACアダプタ511を介して供給される商用AC電源、並びに、バッテリー512を主電源として駆動することができる。これら主電源からの供給電力は、DC/DCコンバータ513によって所定レベルの直流電圧に変換された後に、腕部、脚部、体幹部、体幹部などの電力を消費する各駆動部ユニットに分配されるようになっている。各駆動部ユニットは、関節アクチュエータやその駆動制御回路、アクチュエータの動作を計測するエンコーダなどで構成される。。

【0072】但し、商用AC電源により定常的に電力が供給される場合については、本発明の要旨に直接関連しないので、以下では説明を省略する。

【0073】バッテリー512は、充電可能な2次電池セルであり、例えば複数本の電池セルをパッケージ状に形成したバッテリー・パックとして提供される。2次電池としては、関節アクチュエータの初期駆動時に必要とされる過大なインラッシュ電流を供給するために、瞬時供給が比較的大きなニッケル水素 (NiMH) 電池が好まし

い。

【0074】電源管理コントローラ501は、バッテリー512の充電状態及び放電状態を常時監視して、その検出結果を運動制御モジュール300又は思考制御モジュール200に報告するようになっている。報告を受けた制御モジュール200/2300側では、電源状態すなわちバッテリーの残存容量に応じた行動計画の修正を実現することができる。バッテリー512の充放電状態は、例えば、バッテリー512の端子電圧、入出力電流、セル周囲温度などを計測することにより判別することができる。

【0075】DC/DCコンバータの出力すなわち駆動電源と各駆動部ユニットを結ぶ電力線の途上には、電源供給・遮断部502が挿入されている。電源供給・遮断部502は、電源管理コントローラ501からの制御信号に従って、各部ユニット単位で駆動電源の供給並びに遮断動作を行うことができる。但し、電源管理の詳細な処理手順については後述に譲る。

【0076】なお、電源管理コントローラ501及び電源供給・遮断部502は、電源制御装置（図4を参照のこと）内に配置することができる。

【0077】図6には、本実施例に係るロボット100における電力管理オペレーションの一例をフローチャートの形式で示している。以下、このフローチャートに従って説明する。

【0078】電力管理コントローラ501は、バッテリーの残存容量を常時監視している。制御モジュール200/300は、バッテリーの残存容量が未だ充分に残っているという通知を電力管理コントローラ501から受け取ると（ステップS11）、ステップS12以降の電力管理オペレーションをスキップして、次の動作へと移行する（ステップS23）。

【0079】他方、制御モジュール200/300は、バッテリーの残存容量が少ない、すなわち電力不足という通知を電力管理コントローラ501から受け取ると（ステップS11）、ステップS12に進んで、現在実行中の動作は姿勢センサ351による体幹部の姿勢や傾斜のセンサ出力を必要とするか否かを判断する。

【0080】判断ブロックS12による判断結果が肯定的である場合には、出力センサ351への電力供給を停止して（ステップS13）、省電力化を図る。電極供給の停止は、電源供給・遮断部502に対して所定の制御信号を発することにより行われる（以下、同様）。また、該判断結果が否定的であれば、ステップS13をスキップする。

【0081】さらに、電力管理コントローラ501による通知に基づいて、バッテリーの残存容量が少ないか、すなわち電力不足に陥っているか否かを再び判断する（ステップS14）。

【0082】電力不足と判断された場合には、歩行など

の脚式動作の続行に比較的影響の少ない頭部ユニットへの駆動電力を遮断して、頭部ユニットの動作を停止する（ステップS15）。また、頭部ユニット内の各関節アクチュエータの駆動指令などの制御信号を停止して（ステップS16）、省電力化を図る。頭部ユニットへの電力遮断は、駆動アクチュエータだけでなく、頭部に搭載された画像入力装置251、音声入力装置252、音声出力装置253、通信インターフェース254の電力遮断を含んでいてもよい。

【0083】さらに、電力管理コントローラ501による通知に基づいて、バッテリーの残存容量が少ないか、すなわち電力不足に陥っているか否かを再び判断する（ステップS17）。

【0084】電力不足と判断された場合には、歩行などの脚式動作の続行に対して、頭部ユニットに次いで影響の少ない腕部ユニットへの駆動電力を遮断して、腕部ユニットの動作を停止する（ステップS18）。また、腕部ユニット内の各関節アクチュエータの駆動指令などの制御信号を停止して（ステップS19）、省電力化を図る。

【0085】さらに、電力管理コントローラ501による通知に基づいて、バッテリーの残存容量が少ないか、すなわち電力不足に陥っているか否かを再び判断する（ステップS20）。

【0086】電力不足と判断された場合には、歩行などの脚式動作の続行に対して、腕部ユニットに次いで影響の少ない体幹部ユニットへの駆動電力を遮断して、体幹部ユニットの動作を停止する（ステップS21）。また、体幹部ユニット内の各関節アクチュエータの駆動指令などの制御信号を停止して（ステップS22）、省電力化を図る。

【0087】上述したような省電力を図る処理を実行した後、次の動作に移行する（ステップS23）。

【0088】図7には、本実施例に係るロボット100における電力管理オペレーションの他の例をフローチャートの形式で示している。以下、このフローチャートに従って説明する。

【0089】電力管理コントローラ501は、バッテリーの残存容量を常時監視している。制御モジュール200/300は、バッテリーの残存容量が所定値を下回った、すなわち電力不足という通知を電力管理コントローラ501から受け取るまで待機する（ステップS31）。

【0090】そして、バッテリーの残存容量が所定値を下回ったという通知を受け取ると、制御モジュール200/300は、少なくとも1つの駆動部ユニットにおいて、駆動制御に使用する制御式の制御パラメータを変更する（ステップS32）。この結果、当該駆動部ユニットでの消費電力が低減して、主電源としてのバッテリー512にかかる負担が軽減される。言い換えれば、バッテリー寿命が延長される。

【0091】次いで、制御モジュール200/300は、バッテリーの残存容量が所定値を下回ったという通知を電力管理コントローラ501から受け取るまで、再び待機する（ステップS33）。

【0092】そして、バッテリーの残存容量が所定値を下回ったという通知を受け取ると、制御モジュール200/300は、少なくとも1つの駆動部ユニットにおいて、動作目標位置を変更する（ステップS34）。ここで言う動作目標位置とは、例えば、バッテリー512の充電サービスを提供する充電ステーション（図示しない）、あるいは、ACアダプタ511の装着場所であるACコンセントである。

【0093】動作目標位置の変更は、移動ロボット100が実行中の作業を一時中断して待避することを意味する。電源が復活して、作業の再開を行うために、中断時の実効状態を保存しておくことが好ましい。

【0094】次いで、制御モジュール200/300は、バッテリーの残存容量が所定値を下回ったという通知を電力管理コントローラ501から受け取るまで、再び待機する（ステップS35）。

【0095】そして、バッテリーの残存容量が所定値を下回ったという通知を受け取ると、制御モジュール200/300は、少なくとも1つの駆動部ユニットの動作を停止する（ステップS36）。動作を停止すべき駆動部ユニットは、センサ、頭部、腕部、体幹部などのように、脚部ユニットによる歩行などの脚式動作に比較的影響の少ない部位であることが好ましい。この結果、ステップS34において設定した動作目標位置の実現を継続しつつ、システム全体で消費される電力をさらに低減することができる。なお、頭部ユニットへの電力遮断は、駆動アクチュエータだけでなく、頭部に搭載された画像入力装置251、音声入力装置252、音声出力装置253、通信インターフェース254の電力遮断を含んでいてもよい。また、各駆動部ユニットへの電力遮断は、各部に配備された各種センサ類の停止を含んでいてもよい。

【0096】次いで、制御モジュール200/300は、バッテリーの残存容量が所定値を下回ったという通知を電力管理コントローラ501から受け取るまで、再び待機する（ステップS37）。

【0097】そして、バッテリーの残存容量が所定値を下回ったという通知を受け取ると、制御モジュール200/300は、外部の電源供給装置に接続する（ステップS38）。ここで言う外部の電源供給装置とは、例えば、充電ステーション、ACアダプタ511の装着場所であるACコンセント、スベア・バッテリーなどである。

【0098】図8には、本実施例に係るロボット100における電力管理オペレーションの他の例をフローチャートの形式で示している。以下、このフローチャートに従って説明する。



【0099】電力管理コントローラ501は、バッテリーの残存容量を常時監視している。制御モジュール200/300は、バッテリーの残存容量が所定値を下回った、すなわち電力不足という通知を電力管理コントローラ501から受け取るまで待機する（ステップS41）。

【0100】そして、バッテリーの残存容量が所定値を下回ったという通知を受け取ると、制御モジュール200/300は、少なくとも1つの駆動部ユニットにおいて、駆動制御に使用する制御式の制御パラメータを変更する（ステップS42）。この結果、当該駆動部ユニットでの消費電力が低減して、主電源としてのバッテリー512に係る負担が軽減される。言い換えれば、バッテリー寿命が延長される。

【0101】次いで、制御モジュール200/300は、バッテリーの残存容量が所定値を下回ったという通知を電力管理コントローラ501から受け取るまで、再び待機する（ステップS43）。

【0102】そして、バッテリーの残存容量が所定値を下回ったという通知を受け取ると、制御モジュール200/300は、少なくとも1つの駆動部ユニットにおいて、動作目標位置を変更する（ステップS44）。ここで言う動作目標位置は、例えば、バッテリーが完全に消耗して電源供給が途絶えたときであっても、転倒などの危険な状態を回避し得る姿勢・動作パターンなどである。

【0103】そして、動作目標位置への移行が完了した時点で駆動部のすべての動作を停止して（ステップS45）、バッテリーが完全に消耗する事態に備える。

【0104】図9には、本実施例に係るロボット100における電力管理オペレーションの他の例を状態遷移モデルの形式で示している。以下、この状態遷移モデルに従って説明する。

【0105】状態0では、全軸すなわちすべての関節アクチュエータがフル稼働可能な状態で動作している。

【0106】状態0において電力の低下が検出されると、状態1に遷移して、少なくとも1つの駆動部ユニットにおいて、制御パラメータの変更を行う。この結果、当該駆動部ユニットでの消費電力が低減して、主電源としてのバッテリー512にかかる負担を軽減した状態で動作を継続することができる。言い換えれば、バッテリー寿命が延長される。

【0107】状態1から直接状態8に遷移して、バッテリーの充電を開始してもよい。あるいは、状態7に一旦遷移して、充電ステーションやAC電源への接続を行ってから状態8に遷移して、バッテリーの充電を開始してもよい。充電が終了すると、状態0に戻って、全軸フル稼働での動作を行うことができる。

【0108】また、状態1において電力の低下が検出されると、状態2に遷移して、動作目標位置の変更を行う。ここで言う動作目標位置とは、例えば、バッテリー512の充電サービスを提供する充電ステーション、ある

いは、ACアダプタ511の装着場所であるACコンセントである。あるいは、バッテリーが完全に消耗して電源供給が途絶えたときであっても、転倒などの危険な状態を回避し得る姿勢・動作パターンなどを動作目標として設定するようにしてもよい。

【0109】後者の場合には、ロボット100を安全な姿勢に待避させた後、状態3に遷移して全軸動作を停止させる。図10～図12には、ロボット100の安全な姿勢を例示している。すなわち、図10ではロボット100が腰を下ろした姿勢を示し、図11ではロボット100がうつ伏せに寝た姿勢を示し、また、図12にはロボット100があお向けに寝た姿勢を示している。いずれの図に示す場合も、姿勢の維持のために脚部やその他の駆動部ユニットの駆動（すなわち電力消費）をほとんど必要としない。また、ロボット100の重心位置は、十分に低いので、転倒によりロボット100や衝突物に大きな衝撃が加わる可能性がない。

【0110】状態2から直接状態8に遷移して、バッテリーの充電を開始してもよい。あるいは、状態7に一旦遷移して、充電ステーションやAC電源への接続を行ってから状態8に遷移して、バッテリーの充電を開始してもよい。充電が終了すると、状態0に戻って、全軸フル稼働での動作を行うことができる。

【0111】また、状態2において電力の低下が検出されると、状態4に遷移して、歩行などの脚式動作の続行に比較的影響の少ない頭部ユニットの動作を停止する。また、頭部ユニット内の各関節アクチュエータの駆動指令などの制御信号を停止する。この結果、システム全体での消費電力が低減して、主電源としてのバッテリー512にかかる負担を軽減した状態で動作を継続することができる。言い換えれば、バッテリー寿命が延長される。頭部ユニットへの電力遮断は、駆動アクチュエータだけでなく、頭部に搭載された画像入力装置251、音声入力装置252、音声出力装置253、通信インターフェース254の電力遮断を含んでいてもよい。

【0112】状態4から直接状態8に遷移して、バッテリーの充電を開始してもよい。あるいは、状態7に一旦遷移して、充電ステーションやAC電源への接続を行ってから状態8に遷移して、バッテリーの充電を開始してもよい。充電が終了すると、状態0に戻って、全軸フル稼働での動作を行うことができる。

【0113】また、状態4において電力の低下が検出されると、状態5に遷移して、歩行などの脚式動作の続行に次に影響の少ない腕部ユニットの動作を停止する。また、腕部ユニット内の各関節アクチュエータの駆動指令などの制御信号を停止する。この結果、システム全体での消費電力が低減して、主電源としてのバッテリー512にかかる負担を軽減した状態で動作を継続することができる。言い換えれば、バッテリー寿命が延長される。

【0114】状態5から直接状態8に遷移して、バッテ



りの充電を開始してもよい。あるいは、状態7に一旦遷移して、充電ステーションやAC電源への接続を行ってから状態8に遷移して、バッテリーの充電を開始してもよい。充電が終了すると、状態0に戻って、全軸フル稼働での動作を行うことができる。

【0115】また、状態5において電力の低下が検出されると、状態6に遷移して、歩行などの脚式動作の続行に次に影響の少ない体幹部ユニットの動作を停止する。また、体幹部ユニット内の各関節アクチュエータの駆動指令などの制御信号を停止する。この結果、システム全体での消費電力が低減して、主電源としてのバッテリー512にかかる負担を軽減した状態で動作を継続することができる。言い換えれば、バッテリー寿命が延長される。

【0116】状態5から直接状態8に遷移して、バッテリーの充電を開始してもよい。あるいは、状態7に一旦遷移して、充電ステーションやAC電源への接続を行ってから状態8に遷移して、バッテリーの充電を開始してもよい。充電が終了すると、状態0に戻って、全軸フル稼働での動作を行うことができる。

【0117】[追補]以上、特定の実施例を参照しながら、本発明について詳解してきた。しかしながら、本発明の要旨を逸脱しない範囲で当業者が該実施例の修正や代用を成し得ることは自明である。

【0118】本明細書中では、2足歩行の人間形ロボットに本発明を適用した実施例に従って説明してきたが、本発明の適用範囲はこれに限定されるものではなく、他のタイプの脚式移動ロボット、あるいは、脚式以外の移動ロボットに対しても本発明は有効に作用することを充分理解されたい。

【0119】要するに、例示という形態で本発明を開示してきたのであり、限定的に解釈されるべきではない。本発明の要旨を判断するためには、冒頭に記載した特許請求の範囲の欄を参酌すべきである。

【0120】

【発明の効果】以上詳記したように、充電式バッテリーを用いて外部電源ケーブルによる拘束なしに作業空間を無経路で移動自在な、優れた移動ロボットを提供することができる。

【0121】また、本発明によれば、作業空間を自在（無経路）に移動する移動ロボットのための優れた電源管理技術を提供することができる。

【0122】また、本発明によれば、作業空間上の任意の場所でロー・バッテリー状態に陥った場合などであっても、無計画に行動したり電源供給遮断により転倒することのない、移動ロボットのための優れた電源管理技術を提供することができる。

【0123】また、本発明によれば、作業空間上の任意の場所でロー・バッテリー状態に陥った場合には、駆動アクチュエータの制御パラメータを変更したり、脚式作業への影響が少ない各駆動部ユニットを順次停止していく

ことで、消費電力を低減しバッテリー寿命を延長させることができる。この結果、ロボットの動作の実行をより長時間継続したり、充電ステーションやその他の外部電源供給装置との接続動作に必要なエネルギーを確保することができる。

【0124】また、本発明によれば、作業空間上の任意の場所でロー・バッテリー状態に陥った場合には、ロボット100が腰を下ろした姿勢、うつ伏せに寝た姿勢、あるいは、あお向けに寝た姿勢などのように、姿勢の維持のために脚部やその他の駆動部ユニットの駆動（すなわち電力消費）をほとんど必要とせず、且つ、重心位置が十分に低い姿勢に移行することによって、転倒によりロボット100や衝突物に大きな衝撃が加わることを回避することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施に供される脚式移動ロボット100を前方から眺望した様子を示した図である。

【図2】本発明の実施に供される脚式移動ロボット100を後方から眺望した様子を示した図である。

【図3】本実施例に係る脚式移動ロボット100が具備する自由度構成モデルを模式的に示した図である。

【図4】本実施例に係る脚式移動ロボット100の制御システム構成を模式的に示した図である。

【図5】本実施例に係る脚式移動ロボット100の電力供給システムの構成を模式的に示したブロック図である。

【図6】本実施例に係るロボット100における電力管理オペレーションの一例を示したフローチャートである。

【図7】本実施例に係るロボット100における電力管理オペレーションの他の例を示したフローチャートである。

【図8】本実施例に係るロボット100における電力管理オペレーションの他の例を示したフローチャートである。

【図9】本実施例に係るロボット100における電力管理オペレーションの他の例を示した状態遷移図である。

【図10】ロボット100の安全な姿勢を例示した図であり、より具体的には、ロボット100が腰を下ろした姿勢を示した図である。

【図11】ロボット100の安全な姿勢を例示した図であり、より具体的には、ロボット100がうつ伏せに寝た姿勢を示した図である。

【図12】ロボット100の安全な姿勢を例示した図であり、より具体的には、ロボット100があお向けに寝た姿勢を示した図である。

【符号の説明】

1…頭部、2…首関節ヨー軸

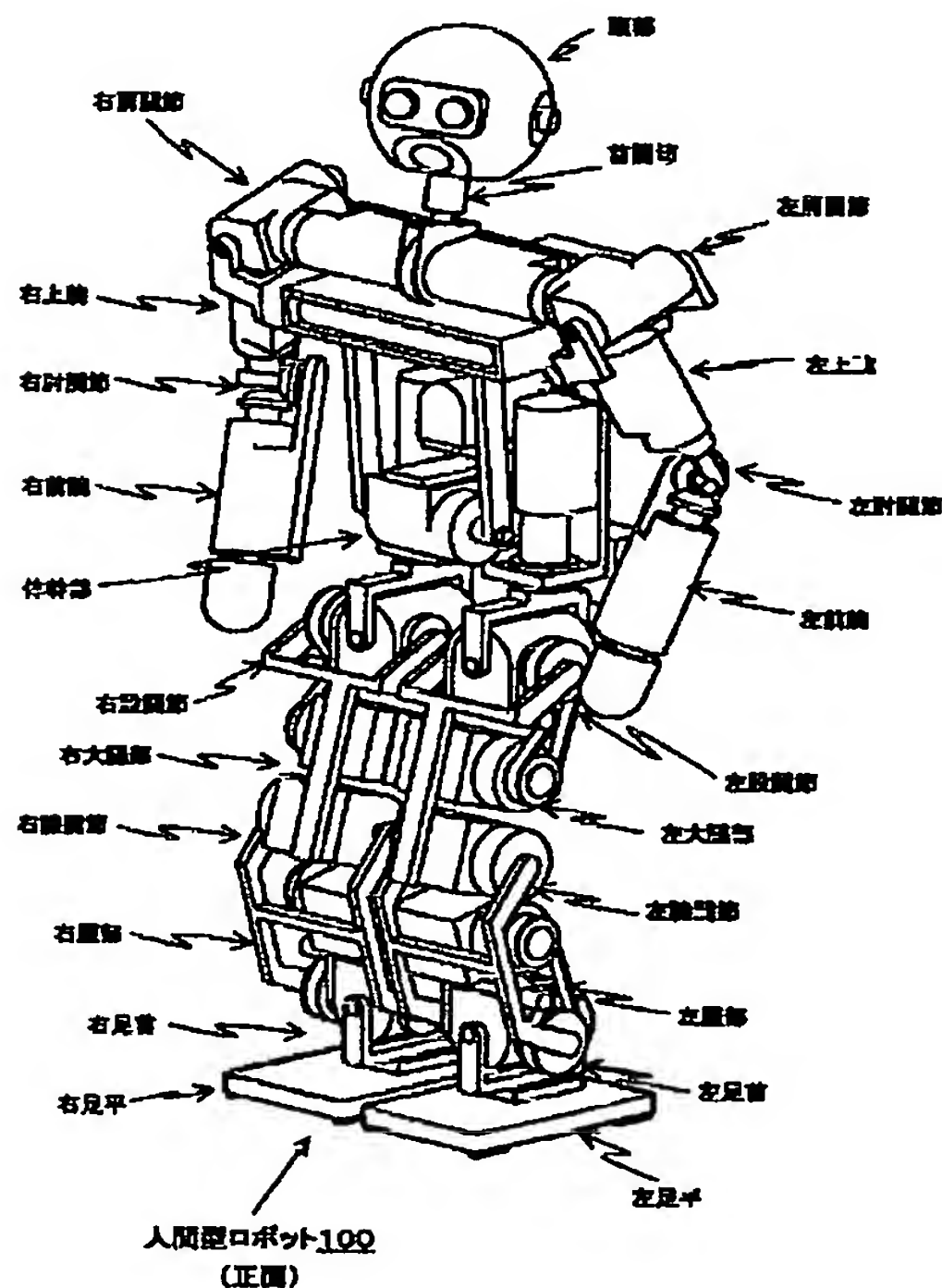
3…首関節ピッチ軸、4…首関節ロール軸

5…体幹ピッチ軸、6…体幹ロール軸

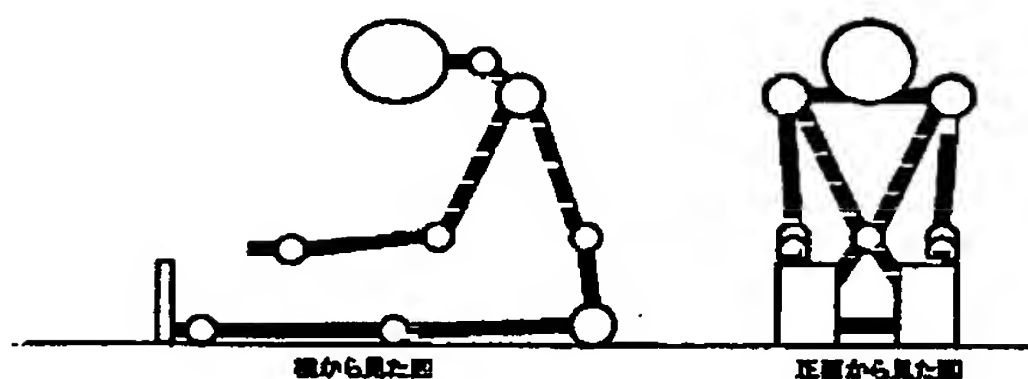
7…体幹ヨー軸, 8…肩関節ピッチ軸  
9…肩関節ロール軸, 10…上腕ヨー軸  
11…肘関節ピッチ軸, 12…前腕ヨー軸  
13…手首関節ピッチ軸, 14…手首関節ロール軸  
15…手部, 16…股関節ヨー軸  
17…股関節ピッチ軸, 18…股関節ロール軸  
19…膝関節ピッチ軸, 20…足首関節ピッチ軸  
21…足首関節ロール軸, 22…足部(足底)  
100…脚式移動ロボット  
200…思考制御モジュール  
201…バス インターフェース  
211…CPU, 212…RAM, 213…ROM  
214…外部記憶装置  
251…画像入力装置(CCDカメラ)

252…音声入力装置(マイク)  
253…音声出力装置(スピーカ)  
254…通信インターフェース  
300…運動制御モジュール  
301…バス インターフェース  
311…CPU, 312…RAM, 313…ROM  
314…外部記憶装置  
351…姿勢センサ  
352, 353…接地確認センサ  
354…電源制御装置  
501…電源管理コントローラ, 502…電源供給・遮断部  
511…ACアダプタ, 512…バッテリー

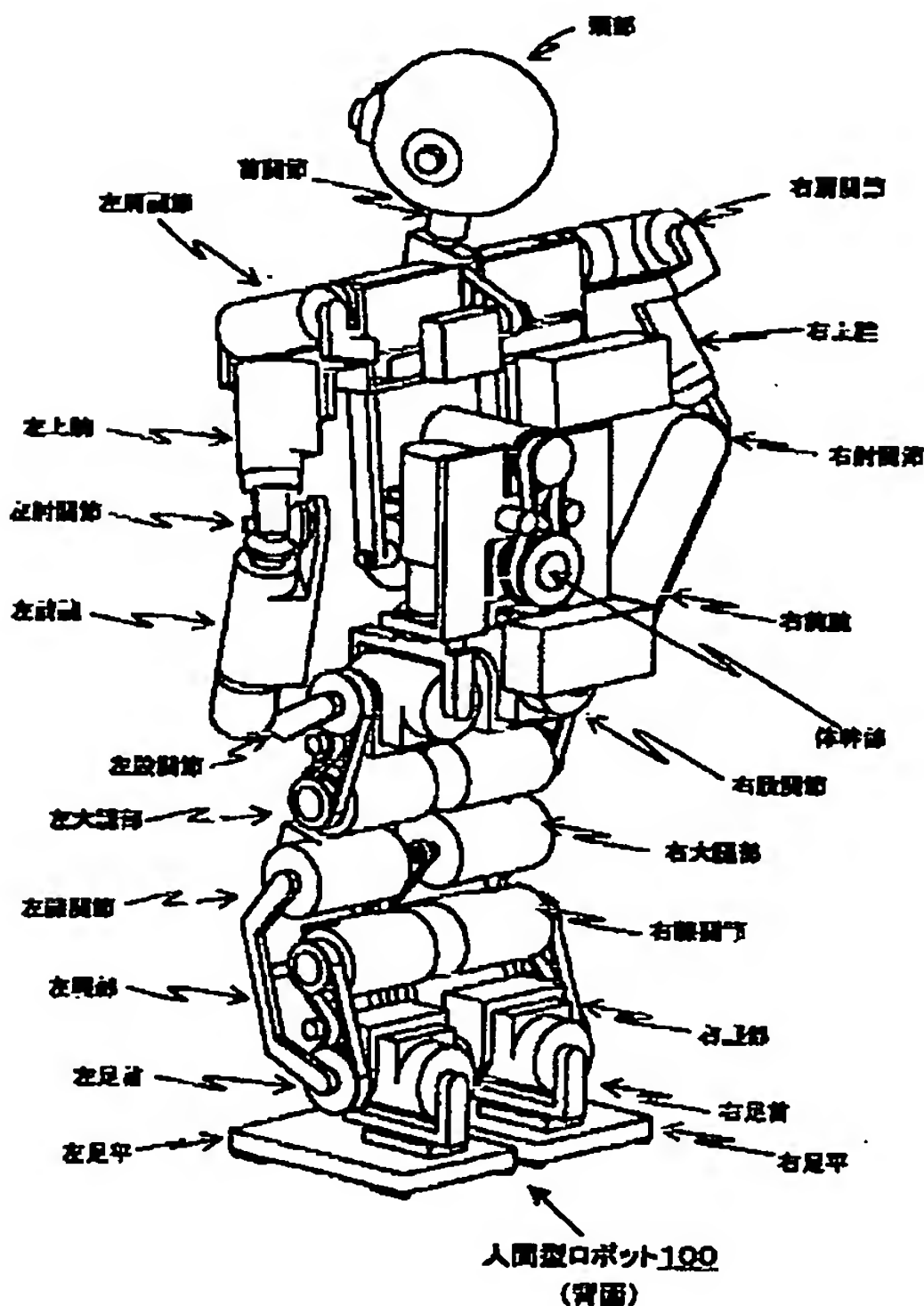
【図1】



【図10】



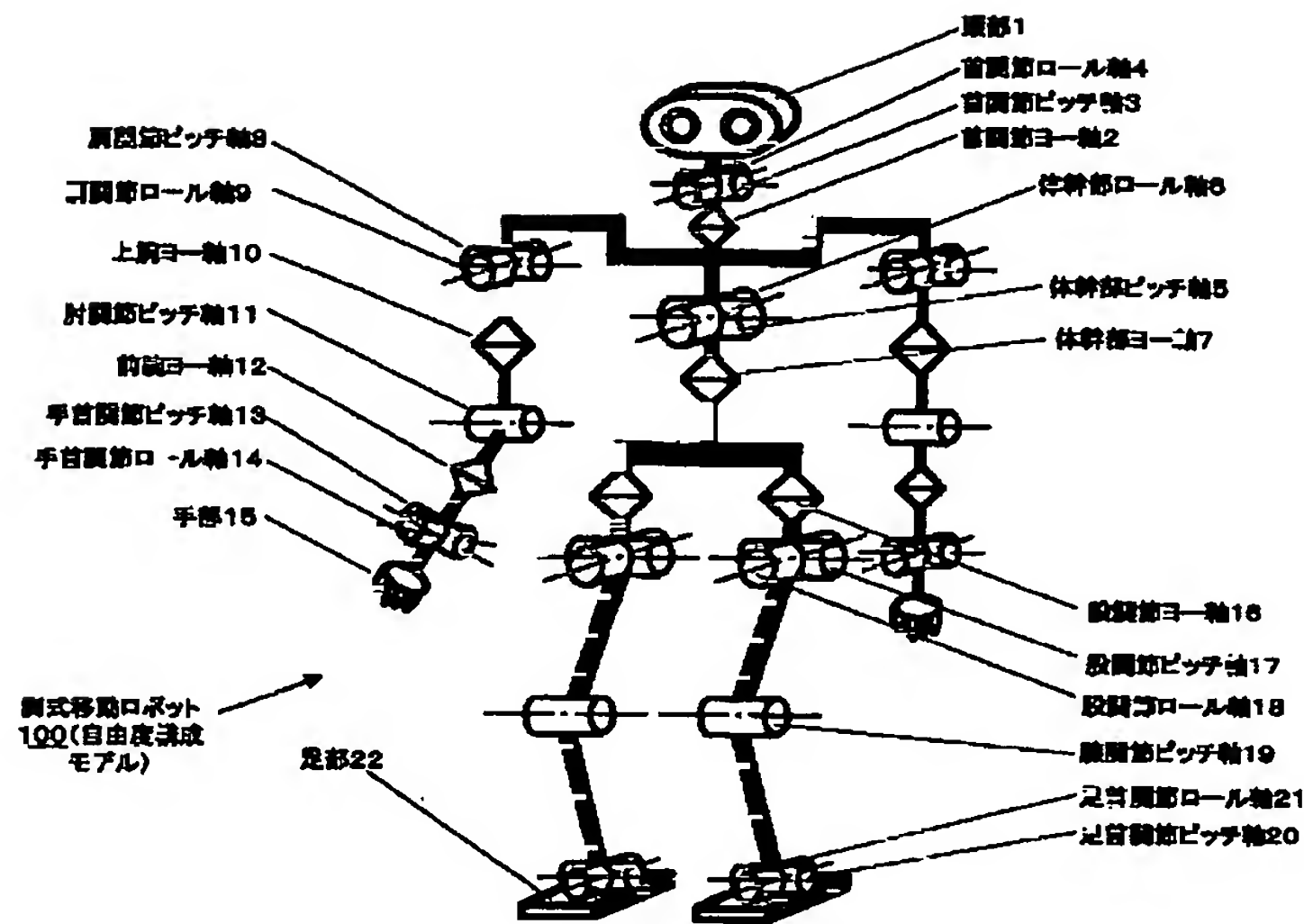
【図2】



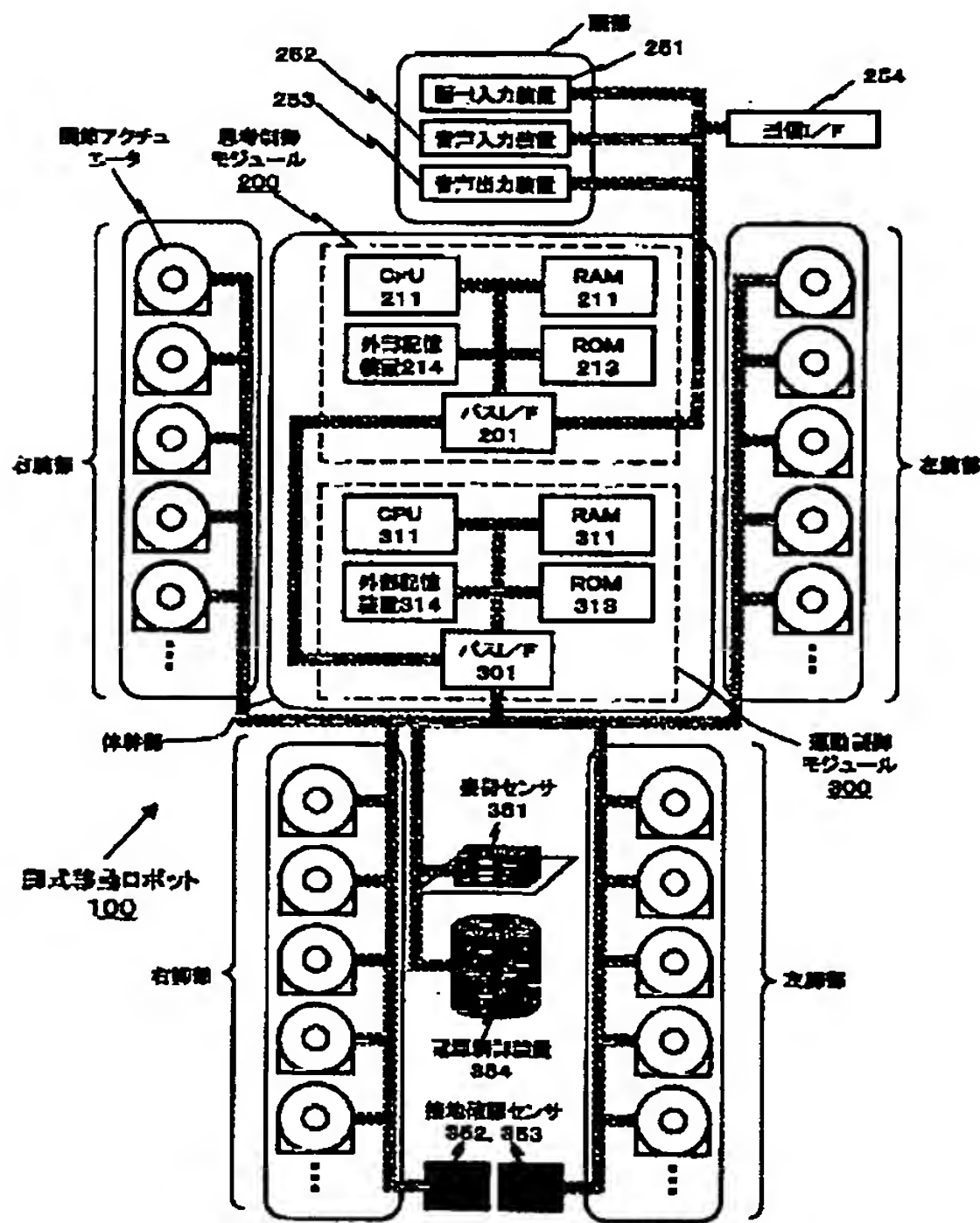
【図11】



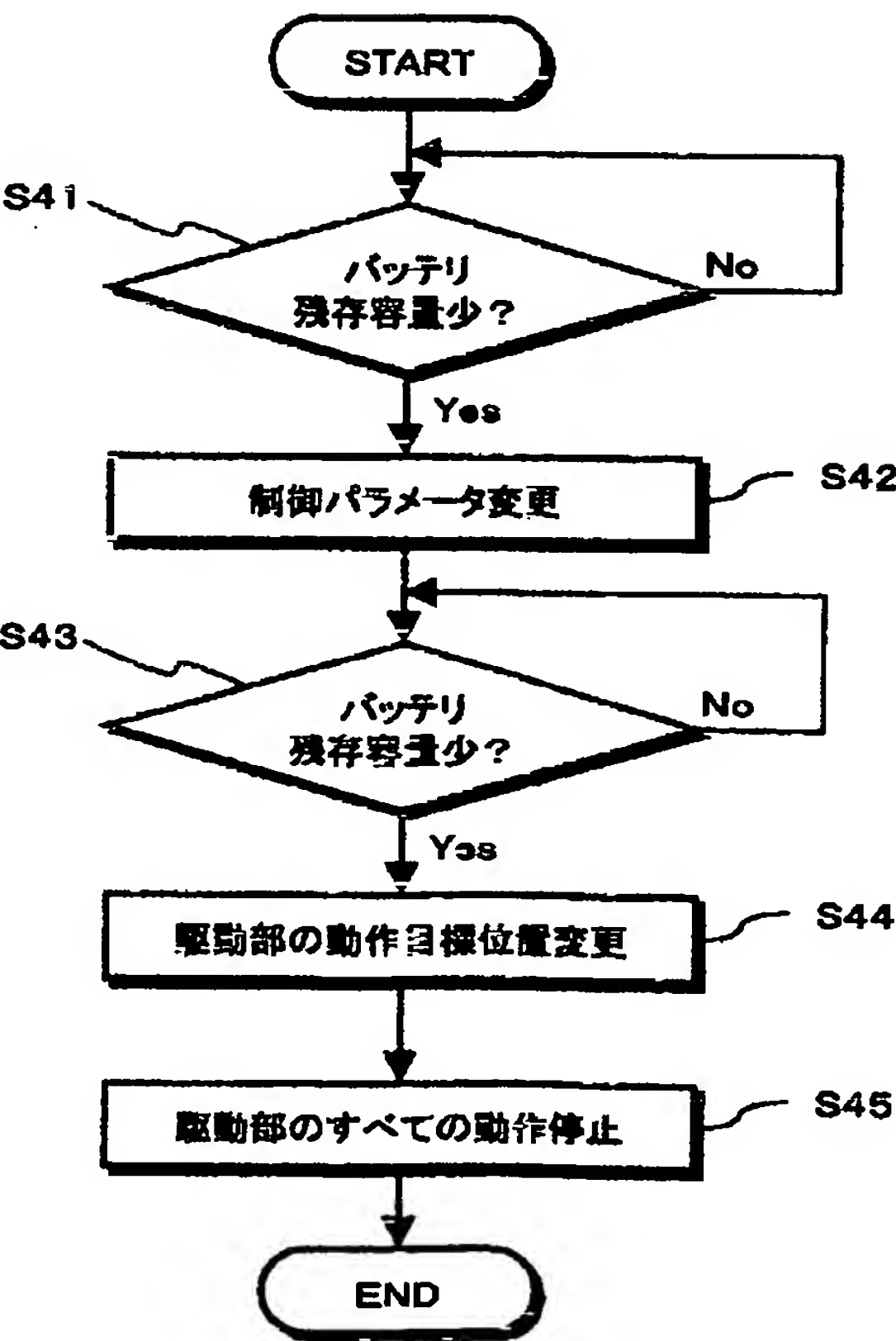
【図3】



【図4】

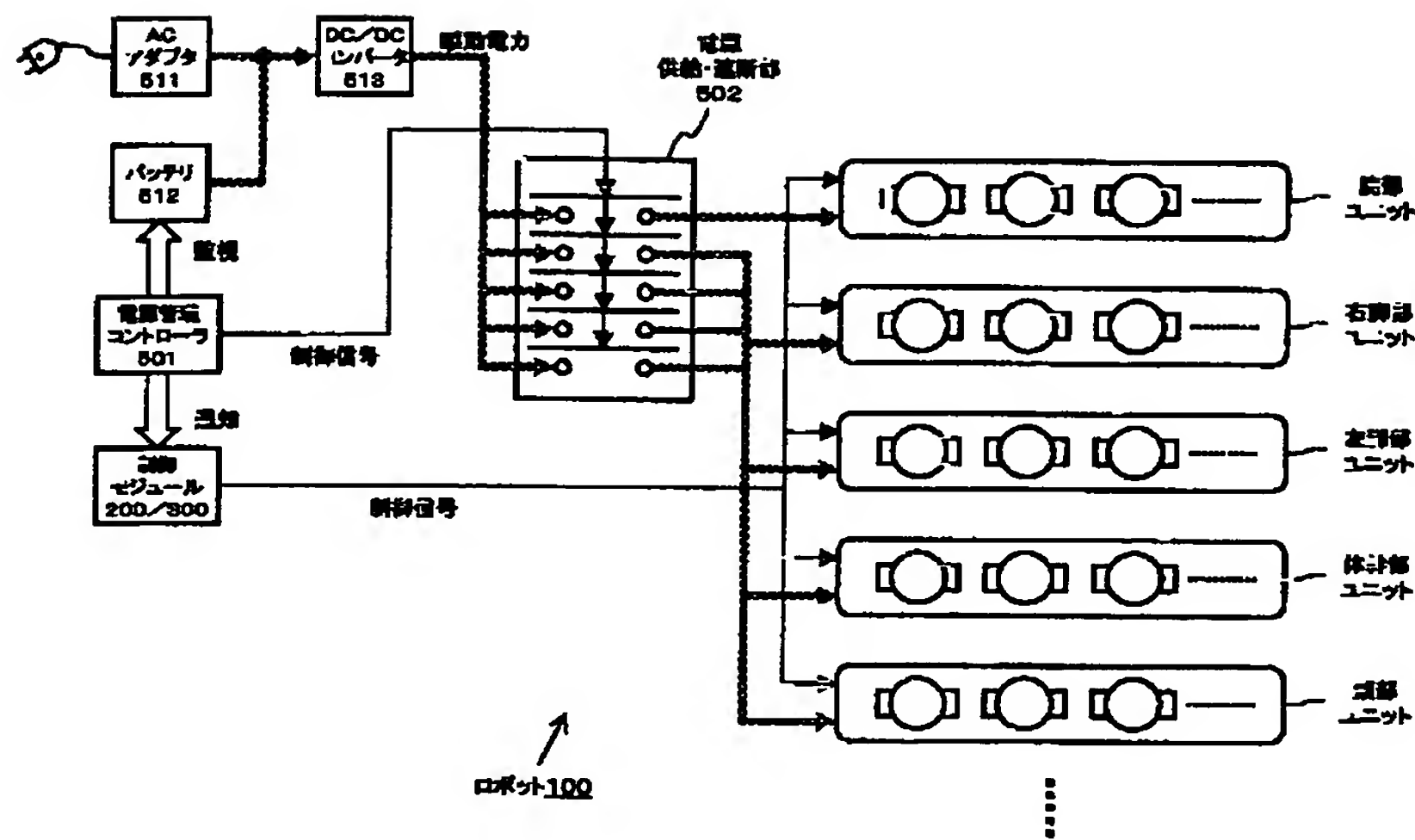


【図8】





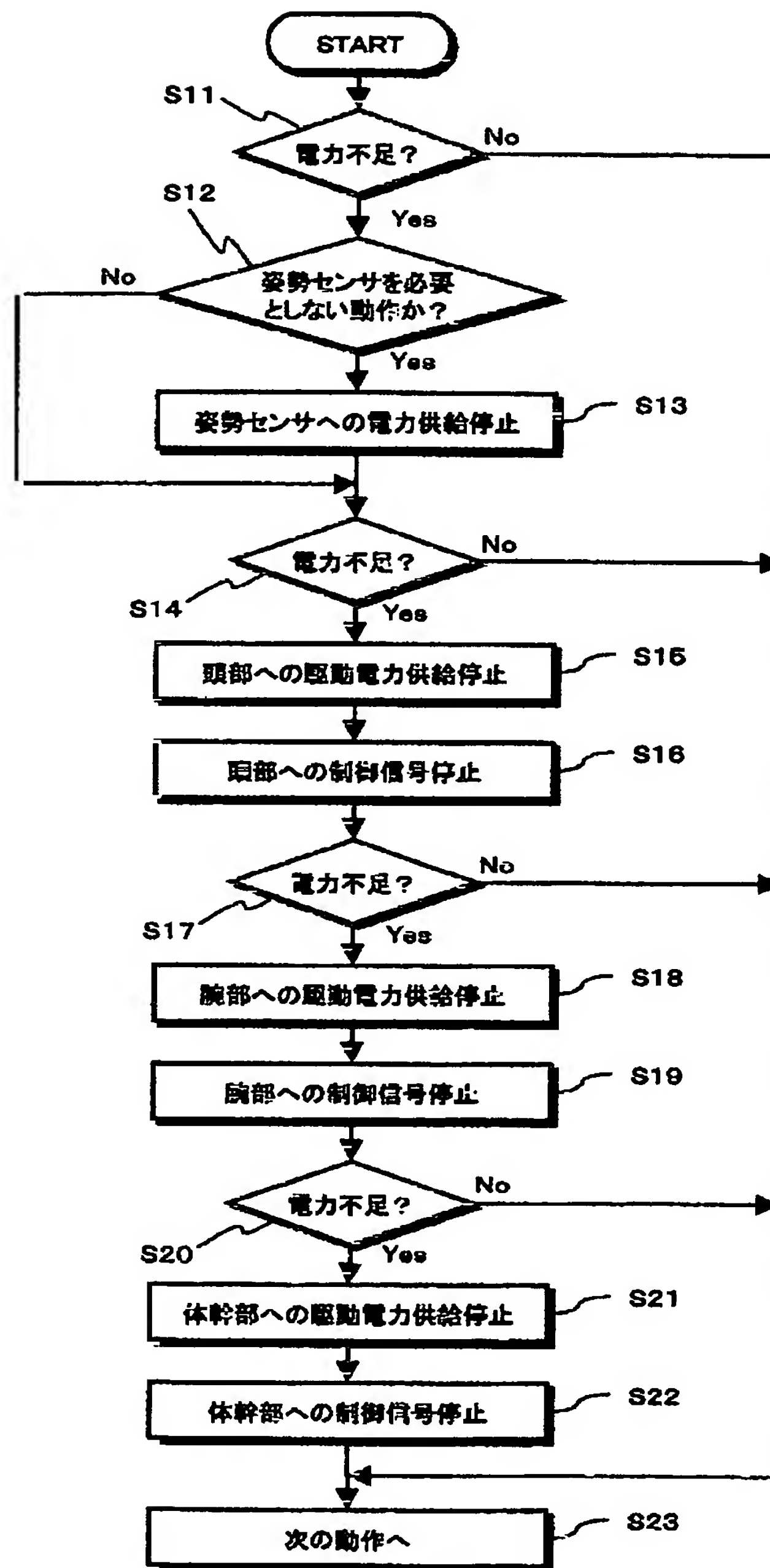
【図5】



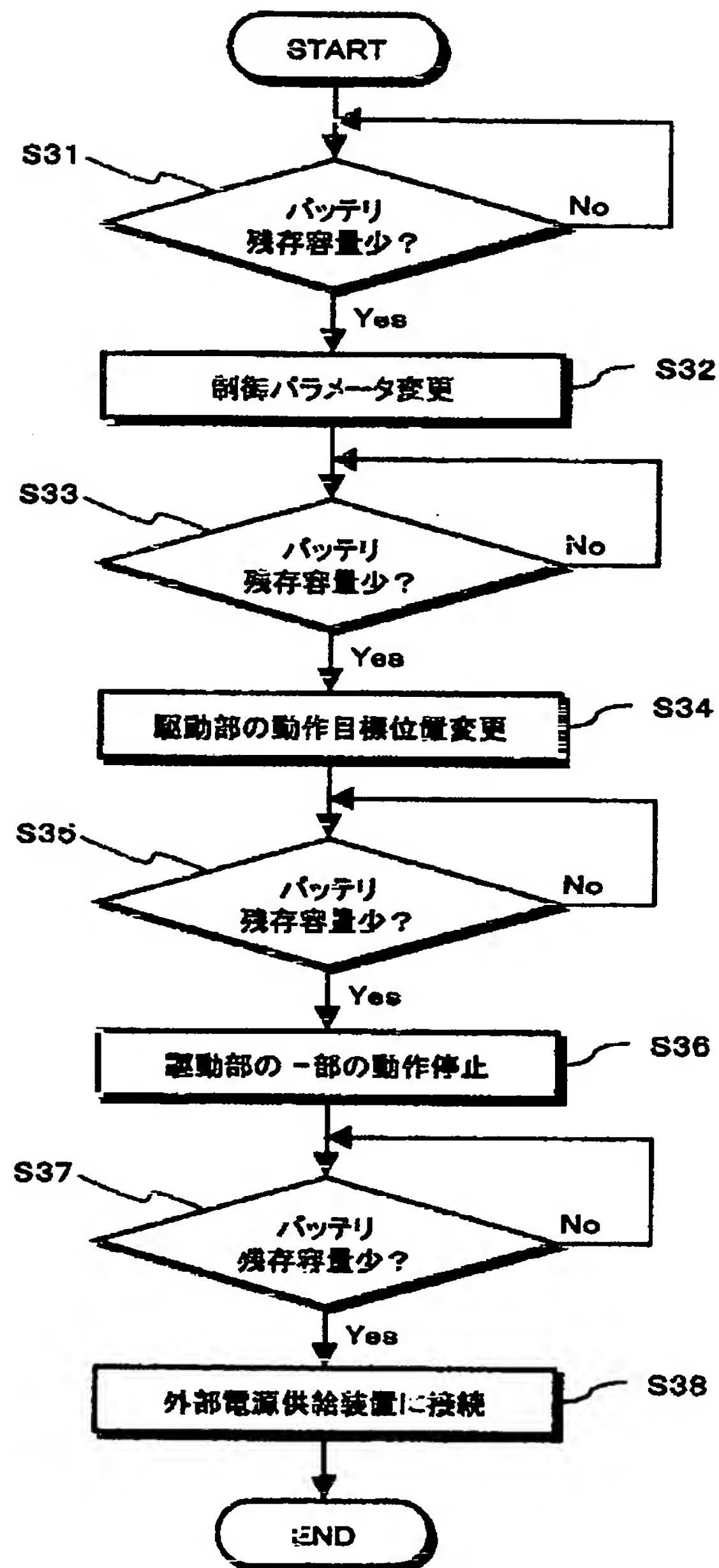
【図12】



【図6】

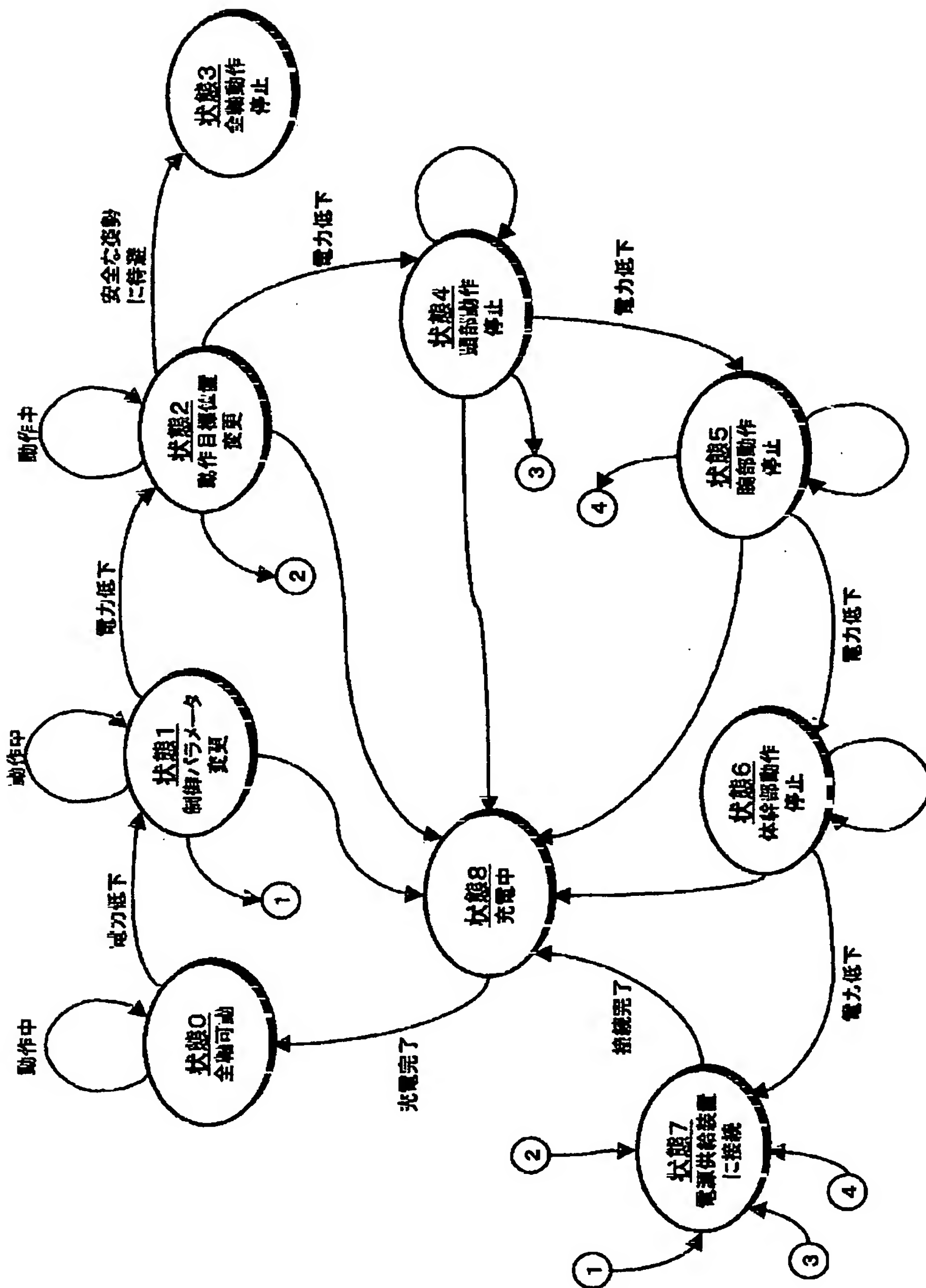


【図7】





【図9】



フロントページの続き

Fターム(参考) 3F059 AA00 BA02 BB06 BC07 CA06  
DA02 DA08 DB02 DB09 DD01  
DD04 DD18 FA03 FA05 FA10  
FC02 FC03 FC06 FC08 FC14